

**Können die Eigenschaften der
Zahnzemente durch Kunststoffzusatz
verbessert werden?**

Heinz Meschke

Druck: Anneliese Schubert, München 5, Corneliusstraße 21, Telefon 21777

AUS DER KONSERVIERENDEN ABTEILUNG
Vorstand: Professor Dr.Dr. M. SCHUG-KÖSTERS
DER KLINIK FÜR ZAHN-, MUND- UND KIEFERKRANKHEITEN
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Direktor: Professor Dr.Dr. J. HEISS

KÖNNEN DIE EIGENSCHAFTEN DER ZAHNZEMENTE
DURCH KUNSTSTOFFZUSATZ VERBESSERT WERDEN?

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfasst und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Heinz Meschke
aus Marktrechwitz

München 1959



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Professor Dr. Dr. M. SCHUG-KÖSTERS

Dekan: Professor Dr. K. KOLLE

Tag der mündlichen Prüfung: 17.3.1959

MEINEN VEREHRTEN ELTERN

IN DANKBARKEIT



Digitized by the Internet Archive
in 2026

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A. EINLEITUNG. Die Zemente im allgemeinen	7
B. PROBLEMSTELLUNG.	13
C. MATERIALGEWINNUNG UND VERSUCHSMETHODE . .	16
I. Abriebfestigkeit	19
II. Druckfestigkeit	20
III. Auslaugfähigkeit.	21
IV. Haftfähigkeit.	21
V. Porosität	23
D. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	24
Zu I. Abriebfestigkeit	24
Zu II. Druckfestigkeit	26
Zu III. Auslaugfähigkeit	28
Zu IV. Haftfähigkeit.	30
Zu V. Porosität	32
E. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE	34
F. ZUSAMMENFASSUNG	37
G. LITERATURVERZEICHNIS	39
H. LEBENS LAUF	41

A. EINLEITUNG

Die Zemente im allgemeinen.

Gross ist die Bedeutung der zahnärztlichen Zemente in der täglichen Praxis. Das erste Zement dürfte ein Zinkoxyphosphatzement gewesen sein, das ROASTING vor ca. 50 Jahren aus Sorellkitt erstmals herstellte. Es trat seinen Siegeszug durch alle zahnärztlichen Praxen an, besonders, als das Silikatzement, welches ein wesentlich besseres und zahnähnlicheres Aussehen hatte, zur allgemeinen Anwendung kam. Die Pulpenschädlichkeit des letzteren wurde zu Gunsten des Aussehens in Kauf genommen. Bis heute gelang es nicht, diese zu beseitigen.

Unter dem Begriff "Zement" versteht man im Groben gesehen nach FALCK die Mischung einer pulverisierten Masse mit einer Flüssigkeit, wobei die zunächst plastische Masse nach einer mehr oder minder langen Zeit erhärtet. Die genaue Zusammensetzung der einzelnen Zemente ist natürlich Fabrikgeheimnis und von den Herstellerfirmen nicht zu erfahren. Wir sind also auf Analysen angewiesen und hier war es vor allem das National Bureau of Standards in Amerika, welches Licht in das mysteriöse Dunkel brachte.

Qualitativ setzen sich die Zemente etwa folgendermassen zusammen:

Zinkoxyphosphatzement: ZnO , Spuren von SiO_2 , Al_2O_3 , CaO . Die Flüssigkeit besteht aus Orthophosphorsäure mit Zusätzen von Al , Zn , Mg , welche als saure Phosphate enthalten sind.

Silikatzement: SiO_2 , Al_2O_3 , und einer geringen Menge ZnO . Bestandteile wie Fl , Ca , Mg , Na sind mehr als Verunreinigungen zu betrachten. Die Flüssigkeit besteht aus einer Mischung verschiedener Phosphorsäuren, ebenfalls mit Bestandteilen von Al = und Zn = Phosphaten.

- Steinzement:** Es ist als Zinkphosphatzement anzusehen, dem zur Verbesserung des Aussehens sowie der mechanischen Belastbarkeit Silikate zugesetzt sind.
- Modellzement:** Eine dem Silikatzement ähnliche Mischung mit Phosphatzementzusatz. Das besondere Augenmerk ist dabei auf die Lufttrocknung ohne all zu grossen Schwund gelegt.
- Transparenthaftzement:** Eine dem Silikatzement ähnliche Mischung. Durch Zerstossen einer aus Silikaten, Al-Verbindungen und Flussmittel bestehenden Glasmasse hergestellt. Der Glasschmelze sind färbende Substanzen beigemischt. Die Flüssigkeit ist eine Mischung aus verschiedenen Phosphorsäuren. Sie unterscheidet sich von den Übrigen durch ihren höheren Wassergehalt.

Zur Erzielung verschiedener Farbtönungen werden den Pulvern Metalloxyde oder Erdfarben, wie Braunstein und Ocker, zugesetzt.

Eine sichere Erklärung über den Abbindevorgang der Zemente ist trotz der mannigfaltigsten Theorien nicht vorhanden. Selbst in der "grossen zementverarbeitenden Industrie", dem Baugewerbe, ist der Abbindevorgang des Zementes nicht restlos geklärt, obwohl es sich hier um wesentlich einfachere Zementarten, bei der Flüssigkeit sogar "nur" um Wasser handelt. Besonders SKINNER und RAY untersuchten die Vorgänge beim Abbinden der Zemente. Als gemeinsames Resultat kann jedoch nur gewertet werden, dass Wasser für die Reaktion unbedingt notwendig ist. Durch die Erfahrungen eigener Versuche (ausserhalb der im Folgenden beschriebenen Versuchsreihen liegend!) glaube ich, dem unbedingt zustimmen zu können: Zementpulver mit Wasser, ohne Säure, bindet ab. Der Abbindevorgang kann dann mehrere Tage in Anspruch nehmen. Durch Säurezusatz wird ein wesentlich kürzerer Abbindevorgang erreicht, der sich bis auf Sekunden verkürzen kann. Rührt man Zementpulver mit konz. Säure an, so tritt eine sofortige Verkrustung ein. Dabei geht kein Abbindevorgang vor sich, die verkrustete Masse lässt sich wieder zu Pulver zerdrücken. Das

notwendige Medium, um einen Abbindevorgang einzuleiten, ist also Wasser. SCHOENBECK kam zu der Ansicht, dass neben einer chemischen Reaktion auch physikalische Vorgänge ablaufen. Demnach wäre eine erhärtete Füllung als ein mechanisches Gemenge der durch die chemische Reaktion erzeugten Stoffe aufzufassen. Dies entspricht den heute allgemein gültigen Vorstellungen vom Abbindevorgang der Zemente.

Die von uns von der Industrie gelieferten Zemente sind alles andere als ein "non plus ultra". Trotzdem sich Industrie, Chemiker und Techniker bemühen, neue und verbesserte Füllungszemente zu produzieren ist es doch bis heute nicht gelungen, Füllungsmaterialien herzustellen, die den klassischen Forderungen MILLER's entsprechen. FALCK fasst die 12 Punkte Millers in folgende Forderungen zusammen:

- "Ein ideales Zahnzement, gleichgültig ob es zum Einzementieren einer Krone, eines Inlays usw. oder zur Wiederherstellung eines kariösen Zahnes gebraucht wird, soll
- a) hart, jedoch nicht übermässig spröde sein.
- b) In sich kohäsiv, soll es sowohl im plastischen als auch im späterem erhärtetem Zustand genügend Adhäsion (Haftfähigkeit und Haftfestigkeit) an der Zahnschubstanz besitzen.
- c) Es soll unlöslich sein gegenüber im Mund vorkommenden Flüssigkeiten.
- d) Jedem Gewebe gegenüber, einschliesslich der Pulpa soll es indifferent sein.
- e) Formbeständigkeit während der Erhärtung und nach vollständiger Abbindung. Sein Wärmeausdehnungskoeffizient soll dem des Zahnes entsprechen, auch soll es ein schlechter Wärmeleiter sein.
- f) Leichte Verarbeitung, Porenfreiheit, Politurfähigkeit wird ebenso verlangt wie zahnähnliches Aussehen.

Es gibt kein Zement, das auch nur annähernd diesen Forderungen gerecht wird. Jedem Praktiker sind die Mängel zur Genüge bekannt und jeder Studierende erfährt, mit welcher Sorgfalt die Anrührvorschriften in Bezug auf Pulver- Flüssigkeitsdosierung, Konsistenz, Anrührdauer und -technik, sowie Temperatur zu beachten sind. In der Praxis erfolgt die Bestätigung: Bei jedem nicht lege artis behandelten Zement gesellen sich zu

den vorhandenen Fehlern noch so viele dazu, dass die Brauchbarkeit in Frage gestellt wird.

Welcher Art sind die vorhandenen Mängel?

Phosphatzement: Sein nicht-zahnähnliches Aussehen sowie seine Sprödigkeit verweisen es in das unsichtbare Gebiet des Zahnbereiches. Als Unterfüllung zum Pulpenschutz gegen weniger pulpenfreundliche Füllungen, wie Silikatzemente, Amalgamfüllungen sowie Steinzement leistet es zwar vorzügliches. Doch schon als Fixierungsmittel von Kronen und Inlays muss versucht werden, durch genaue Beachtung der Anrührvorschriften ein Optimum an Haftfähigkeit zu erzielen. Dass aber diese "Haftfähigkeit" noch keineswegs befriedigend ist, beweisen die vielen Versuche die immer wieder angestellt werden, um hier eine Verbesserung zu erzielen. Es ist nicht einmal restlos geklärt, welchen Momenten die Haftfähigkeit zuzuschreiben ist. HATTEMER und KÜBEL (4) schreiben diese "Fixiereigenschaft" allein der Wirkung der Adhäsion zu, REBEL (11) dagegen spricht von einer Klebekraft. FALCK (2) wiederum sagt, dass eine Klebekraft nur nichtabgebundenen, also plastischen Zementen zukomme, während erhärtete Zemente nur durch "Verzahnung" festgehalten werden. KUNERT (9) meint, dass durch Expansion, welche beim Erhärten des Zementes auftreten soll, eine Vergrößerung der Reibung, somit also eine Art Festklemmen der Zemente in der Kavität stattfindet und RUFF (12) wie auch IDOLSKI (6) sprechen von einer Haftintensität, welche durch einen chemischen Zwischenkörper entstehen soll, bestehend aus Phosphorsäure und Zahnbein.

Gehen schon die Bezeichnungen sowie Theorien über den Begriff "Haftfähigkeit" auseinander, um so schwerer scheint es in der Praxis zu sein, ein Zement herzustellen das wirklich die Forderung genügender "Fixierkraft" erfüllt. Dazu kommt, dass Phosphatzement zu geringe chemische Widerstandsfähigkeit gegenüber der Mundflüssigkeit besitzt. JÄNICKE (7)

meint dazu: "Es ist aber weniger die nicht genügende Haftfähigkeit, die uns zu Beanstandungen Anlass gibt, als vielmehr die ungenügende chemische Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Speichel". In der Tat! Jeder Praktiker kennt das Bild, das sich ihm unter einer älteren, schlecht sitzenden Krone bietet.

Auch das Silikatzement befriedigt nicht, da es keine genügende Kanten- und Abriebfestigkeit besitzt und ausserdem Pulpenschädigend ist. Letzterer Umstand hat eine Zeitlang zu der Forderung geführt, Silikatfüllungen an allen lebenden Zähnen zu vermeiden. Heute besteht jedoch die Ansicht, dass eine lege artis gelegte Silikatfüllung mit Unterfüllung ihre Existenzberechtigung hat, wenngleich immer wieder Fälle von Silikatgangrän auftreten. FALCK (2) schreibt dazu: "Als vor etwa 40 Jahren die ersten Silikatzemente benutzt wurden, waren Pulpennekrosen fast Regelfolgen. Arsentrioxyd (As_2O_3), welches als Verunreinigung im Silikatpulver enthalten war, sollte nach den damaligen Ansichten diese Schädigung verursachen. Diese Pulpenschädigungen durch Silikatzemente hörten aber auch dann nicht auf, als arsenfreie Erzeugnisse in den Handel kamen. Es mussten folglich andere Ursachen vorhanden sein. Ungenügende Wandständigkeit, hervorgerufen durch Volumenschwankungen und Säureschädigungen durch die bis zum Abbinden freie Säure, dürften weitere Ursachen sein. "Inwieweit daneben andere Einflüsse physikalischer und chemischer Natur (osmotischer Druck, Fluorverbindungen) eine Rolle spielen, lässt sich nicht mit Sicherheit sagen.

Als ungünstig erweist sich ferner die Wasserempfindlichkeit aller unserer Zemente. Muss schon die Kavität peinlich frei von Wasser sein, so muss auch bis zur Beendigung des Abbindevorganges die gelegte Füllung trocken gehalten werden. Es besteht sonst die Gefahr des Auslaugens von Säure, wodurch in den betreffenden Schichten ganz andere Abbindevorgänge und -zeiten stattfinden.

Trotzdem ist das Silikatzement das am häufigsten gebrauchte Füllmittel im Frontzahnbereich, da sein Aussehen nur von den wesentlich teureren Kunststoff- und Porzellaninlays übertroffen wird. Wollte man Silikatzement im Molarengebiet anwenden, so wäre die Gefahr der Pulpenschädigung infolge der grösseren Angriffsflächen noch weit grösser.

Das Steinzement findet im Molarengebiet Anwendung. Es ist, wie schon erwähnt, als Zinkoxyphosphatzement aufzufassen, mit Beimengungen von

Silikaten zur Verbesserung des Aussehens. Aber auch hier werden die Verbesserungsversuche mit der Gefahr einer möglichen Pulpenschädigung erkaufte. Der gewissenhafte Praktiker wird auch hier in jedem Falle eine schützende Unterfüllung legen.

Zu all diesen Problemen kommt noch ein Nachteil, der allen Zementen anhaftet: Die Löslichkeit in der Mundflüssigkeit. Ausgewaschene Zementfüllungen sind ein alltägliches Bild in der Praxis.

In vorliegender Arbeit wurde eine Zahnzementvergütung durch Beimischung suspendierter Kunststoffe angestrebt!

B. PROBLEMSTELLUNG

In der "grossen zementverarbeitenden Industrie", dem Baugewerbe, war man mit der Beschaffenheit der Zemente ebensowenig zufrieden, wie wir es mit unseren Zahnzementen heute noch sind. Zwar lagen hier die Probleme auf einem anderen Sektor, aber trotzdem lässt sich eine gewisse Analogie erkennen. Dort war es nämlich das Wasser, welches von dem porösen Beton aufgesaugt, bei Frost zu Zersprengung und Verwitterung des Bauwerks führte. So zogen besonders im Grundwasser stehende Betonmauern, einem Schwamm gleich, das Wasser in sich hoch und führten zu feuchten Wänden in Wohnungen usw. Auch auf unserem Gebiet ist im gewissen Sinne das Wasser die Ursache vieler Fehlerquellen! Bekanntlich besitzen unsere Zemente ebenfalls eine gewisse Porosität, welche nach und nach die Mundflüssigkeit mehr oder minder tief ansaugt. Rascheres Auswaschen der Füllungen ist die Folge.

Auf dem Sektor "Bauzemente" ging man nun dazu über, suspendierte Kunststoffe unter den Zement zu mischen. Man erreichte damit, dass nach dem Abbinden des Betons die Poren mit Kunststoff verschlossen waren. Erfolg: Ein wasserdichter Beton, der absolut frostsicher anzuwenden ist.

Der Gedanke lag also nahe, unseren zahnärztlichen Zementen beim Anrühren Kunststoffe beizumengen und diese neuen, gewonnenen Zemente mit den bisher üblichen zu vergleichen.

Das wichtigste Problem dabei ist die Erzielung einer möglichst grossen Gleichartigkeit aller Versuchsfaktoren innerhalb einer Versuchsreihe, wie sie auch von WEIKART (14) betont wird. Wenn KNAPPWOST (8) schreibt, dass die Untersuchungen über Zemente zu den einerseits wichtigsten, als andererseits auch schwierigsten Problemen der zahnärztlichen Werkstoffkunde überhaupt gehört, so kann dem nur zugestimmt werden. Es beginnt mit der Frage, ob bei Prüfungen im Labor mundähnliche Verhältnisse geschaffen werden sollen, oder ob es genügt, zunächst einmal allgemeine Eigenschaften der Zemente zu ergründen? Meiner Ansicht nach

dürfte bei Versuchen, welche mehr vergleichender Natur sind und zunächst einmal grundlegende Eigenschaften eines Zementes aufzeigen sollen, in erster Linie einer Gleichartigkeit aller Versuche grössere Bedeutung zukommen. In zweiter Linie steht dann die Erprobung im Mund. Sie erst erlaubt die endgültige Beurteilung eines im Labor erprobten Zementes. Das ist auch die Meinung von HESS (5), welcher ebenfalls die Ergebnisse einer Laborprüfung als Grundlage fordert. Auf eine klinische Prüfung kann aber keinesfalls verzichtet werden.

Weiter drängt sich bei Materialprüfungen die Frage auf, ob Versuchsanordnungen ohne weiteres von anderen Autoren übernommen werden sollen, oder ob eigene Versuchsanordnungen Verwendung finden können. So ergaben z.B. Vorversuche für die Haftfähigkeit, dass die von verschiedenen Autoren (wie z.B. Hattemer und Kübel, Jänicke) angegebene Versuchsanordnung eine Fehlerquelle in sich birgt. Von ihnen wurde ein aus Phosphatzement-Dentin bestehender Körper an einem Ende kardatisch aufgehängt. Am anderen Ende wurde eine Waagschale befestigt und diese zum Abrissgewicht belastet. Als Fehlerquelle stellte sich heraus, dass der Faktor Zug $\times$ Zeit eine Rolle spielt. Es wurde bisher in keiner Literatur erwähnt. Das ist so zu verstehen: Von einem Gewichtswechsel bis zum anderen darf jeweils nur die gleiche Zeit vergehen und die Belastung darf jeweils nur um den gleichen Betrag zunehmen. Das ist aber ausserordentlich schwierig, da selten eine so grosse Anzahl gleichgrosser Zusatzgewichte zur Verfügung steht. Beim Auswechseln einer Reihe kleinerer Gewichte in ein einziges grösseres, vergeht aber eine viel längere Zeit, als beim Zulegen nur eines Gewichtes. So kann es vorkommen, dass es bei dieser Versuchsanordnung zu Abrissen kommt, weil eine wesentlich niedrigere Belastung längere Zeit einwirkt. So gelang z.B. bei der halben Belastung als sonst einen Abriss zu erzielen. Die Wartezeit betrug dabei 4 Minuten.

Ähnliche Probleme ergaben sich bei Versuchen, die Druckfestigkeit der Zemente betreffend. Vorversuche waren derart gestaltet, dass der zu prüfende Zementkörper zwischen zwei stabile Eisenplatten gelegt wurde. Die obere Platte wurde dann solange belastet, bis ein Bruch eintrat. Es zeigten sich verschiedene Schwierigkeiten. Die benötigten Gewichte hatten die Grössenordnung von 50 kg und mehr. Eine feine Abstufung war sowohl aus Mangel an genügend kleinen Gewichtsstücken, als auch

aus Platzmangel auf der zu belastenden Druckplatte recht schwierig. Als ungenauester Faktor dieser Methode erwies sich aber hier ebenfalls die Zeit. Das heisst, dass es z.B. bei einer Belastung nahe der Bruchgrenze zum Bruch kommen konnte, wenn bis zum Aufsetzen eines zusätzlichen Gewichtes etwas mehr Zeit verging als sonst. So ergab sich mitunter ein weit niedrigerer Wert, als wenn ohne Zeitverlust weitere Gewichte aufgelegt worden wären. Diesen Faktor, Gewicht x Zeit, galt es auszuschalten. Der Druck musste also kontinuierlich zunehmen. Es galt, bessere Versuchsanordnungen zu finden. Im Versuchslabor einer Porzellanfabrik, wo ähnliche vergleichende Untersuchungen angestellt werden, wie sie auf unserem Gebiet auch sehr aufschlussreich sein könnten, wurde mir mit Rat und Tat in dankenswerter Weise beige-
standen.

Die durchgeführten und im Folgenden beschriebenen Versuche bewegen sich daher meist ausserhalb der von anderen Autoren beschriebenen und angewandten Methodik.

C. MATERIALGEWINNUNG UND VERSUCHSMETHODE

Als Versuchsmaterial fanden für die Versuche Verwendung:

- a) Zemente: Bayer-Phosphatzement, norm.,
Siliko-Phosphatzement,
Silikatzement F.P. 7,
Kupferzement weiss, "Vivadent" und
Jota-Modellzement.
- b) Kunststoffe: Emulsion H 60 hart,
Emulsion H 54/25 weich.

Beide Stoffe sind Kunstharz-Mischpolymerisate von Polyvinylacetaten in wässriger Dispersion. Das Aussehen ist milchartig, die Konsistenz zähflüssig, der pH-Wert liegt bei 6,5. Die Emulsion wurde in dankenswerter Weise von der Fa. Roesch-eisen u. Co., Ulm zur Verfügung gestellt. Für die Versuche fand jedoch lediglich Emulsion H 60 hart Verwendung, da Vorversuche ergaben, dass Emulsion H 54/25 weich in Verbindung mit Zahnzementen nicht richtig erhärtet.

Folgende Versuche schienen geeignet, grundlegende Hinweise auf Verbesserungen zu geben:

Vergleich kunststofffreier Zemente gegen H 60 versetzte Zemente im Bezug auf ihre

- I. Abriebfestigkeit.
- II. Druckfestigkeit.
- III. Auslaugfähigkeit.
- IV. Haftfähigkeit und
- V. Porosität.

Je eine Versuchsreihe wurde wowohl mit den 5 aufgeführten Zementen mit Kunststoffzusatz als auch ohne Kunststoffzusatz durchgeführt. Jeder

einzelne Versuch wurde drei mal durchgeführt. Angegebene Werte sind Mittelwerte aus drei Versuchen.

a) Anrührtechnik und Mischungsverhältnis:

Bei den ersten Anrührversuchen war festzustellen, dass nach dem Einbringen der Kunststoffdispersion in das angerührte Zement dieses an Plastizität verlor, leicht rissig wurde, wobei sich die Ristellen schlecht wieder vereinigen liessen. Die sonst homogene, glatte, pastenartige Struktur ging verloren und es entstand eine derbe, körnige Masse. Die flüssige Kunststoffdispersion machte ein angerührtes Zement also nicht dünner, wie zu erwarten gewesen wäre, sondern derb und zäh. Ausserdem war der Austritt einer Flüssigkeit an der Oberfläche des noch plastischen Zementes zu bemerken. Eine Analyse ergab: H_2O , als Anion PO_4^{3-} und einige Kationenspuren. Die wenigsten Veränderungen im plast. Zustand zeigten sich beim Silikat- und Kupferzement. Bei weiteren Versuchen wurde der Kunststoff nun mit der jeweiligen Säure vermischt und dann erst Zementpulver eingerührt. Dabei zeigte sich, dass bei einem Mischungsverhältnis von 1/2 Teil Dispersion zu 1 Teil Säure noch die oben beschriebene Erscheinung auftrat. Es war dabei gleichgültig, ob in dünner oder dicker Konsistenz angerührt wurde, das plast. Zement wurde rissig. Erst als das Zugabeverhältnis des Kunststoffes auf ein viertel Teil zu einem Teil Säure reduziert wurde, konnte eine gut zu verarbeitende Konsistenz erzielt werden. Das galt ungefähr für alle verwendeten Zemente.

Als weitere Schwierigkeit stellte sich der Versuch heraus, die jeweilige zugehörige Pulvermenge genau zu dosieren. Wurden z.B. für Versuche mit kunststofffreien Zementen 3,5 g Zementpulver mit 1 ccm Säure angerührt, so ergab sich ein ganz anderes Mischungsverhältnis bei Kunststoffsatz. Auf 3,5 g Zementpulver waren dann etwa 1,25 bis 1,5 ccm Säure-Kunststoffmischung notwendig. Aber dieses Verhältnis änderte sich bei jedem Zement, so dass auf eine genaue Dosierung von Pulver zu Säure-Kunststoffmischung verzichtet werden musste. Genau dosiert wurde daher nur das Verhältnis Säure zu Kunststoff:

Für das Mischungsverhältnis 1 Teil Säure zu 1/4 Teil Kunststoff wurden 8 ccm Säure des jeweiligen Zementes mit 2 ccm Dispersion vermischt.

Für das Mischungsverhältnis 1 Teil Säure zu 1/6 Teil Kunststoff wurden 12 ccm Säure des jew. Zements mit 2 ccm Dispersion vermischt.

Verwendet wurden jeweils 1,25 ccm Säure-Kunststoffmischung (pipettiert). In diese Menge wurde soviel Zementpulver in 3 Etappen eingerührt, bis eine gut zu verarbeitende Konsistenz erzielt war. Die Pulvermenge bewegte sich dabei in den Grenzen zwischen 3 und 4 Gramm. Bei den kunststofffreien Zementen wurde für jede Probe 1 ccm Säure pipettiert und 3,5 g Pulver ebenfalls in 3 Etappen eingerührt. Es wurden für alle Versuche angerauchte Glasplatten und Metallspatel verwendet. Unter kreisenden Bewegungen wurde jeweils ein Drittel des Pulvers nach dem anderen mit der Flüssigkeit verrieben.

b) Anmischdauer, Temperatur.

Die jeweils zu vergleichenden Zementproben wurden unmittelbar nacheinander, d.h. bei der gleichen Raumtemperatur (16 - 18 Grad Celsius) angerührt. Die Anrührdauer hielt ich bei allen Proben auf ca. 1 1/2 Min. ausgedehnt. Bei den Zementen mit H 60-Zusatz gilt diese Zeit für das Einrühren des jeweiligen Zementpulvers in die mit H 60 versetzte Säure.

c) Abbindezeiten.

Über die Abbinde- und Verarbeitungszeiten ist zu sagen, dass beim

S t e i n z e m e n t mit H 60-Zusatz die Verarbeitungszeit um ca. 50 % niedriger, die endgültigen Abbindezeiten dagegen um 100 % höher lagen als bei unversetztem Steinzement.

P h o s p h a t z e m e n t zeigte ein ähnliches Bild: Verarbeitungszeit des Zementes mit Zusatz ca. 50 % niedriger, Abbindezeit ca. 200 % höher als bei zusatzfreiem Zement.

S i l i k a t z e m e n t hatte bei beiden Proben etwa die gleiche Verarbeitungszeit, die Abbindezeit lag aber um ca. 20 % unter der des zusatzfreien Zementes.

Kupferoxydzement zeigte ebenfalls die gleiche Verarbeitungszeit, nur ist die Abbindezeit beim versetzten Zement um ca. 50 % erhöht.

Modellzement: Gleichlange Verarbeitungszeit der zu vergl. Proben. Die Abbindezeit lag bei H 60-Zement um ca. 20 % niedriger.

d) Form und Herstellung der Versuchskörper.

Um eine einheitliche Form und Grösse der Versuchskörper zu erhalten, wurden in einer ca. 1,5 cm dicken, erweichten Wachsplatte Abdrücke eines kleineren Spielwürfels von 7 mm Kantenlänge in der Zahl der benötigten Probekörper hergestellt. In diese Hohlformen wurden die jeweiligen Zementproben eingestopft. Nach einer Stunde Abbindezeit konnte die Wachsplatte leicht erwärmt und die Zementwürfel entnommen werden.

Zur Kenntlichmachung und Unterscheidung der einzelnen Proben wurden die Zemente beim Anrühren mit Spuren von Fluoreszenzfarbstoffen, Methylblau oder Neutralrot in Pulverform versetzt.

Zwischen Herstellung der Proben und Versuchsbeginn lag eine Zeit von 4 Tagen. Die Zementwürfel wurden nach 3 Std. der Erhärtung in einer physiol. Kochsalzlösung aufbewahrt.

Für alle Versuche wurde die gleiche Probengrösse und Form beibehalten. (Mit Ausnahme von Vers. IV. Haftfähigkeit).

e) Die Versuchsanordnungen im Einzelnen:

Wie schon erwähnt, wurden die Versuche im Versuchslabor einer Porzellanfabrik durchgeführt. Sie weichen daher in den meisten Fällen von ähnlichen Versuchen anderer Autoren ab!

I. ABRIEBFESTIGKEIT.

Zu diesem Versuch wurde eine kleine Kugelmühle, deren Wände aus rauhem, hartgebranntem Porzellan bestanden, verwendet. Die Porzellan-kugeln, welche sonst die Aufgabe haben, Mahlgut zu zerkleinern, wurden entfernt. Als reibende Füllung kam statt dessen eine Handvoll Quarzsteine

(in der Härte etwa dem Zahnschmelz entsprechend) in die Mühle, mit einer Korngrösse, in etwa den abzureibenden Zementversuchskörpern entsprechend, und etwas Wasser. Die Umdrehungsgeschwindigkeit wurde so gewählt, dass ein Haftenbleiben des Inhalts an der Wandung infolge zu grosser Zentrifugalkraft nicht stattfand. Andererseits verhüteten Stege an der Innenwandung, dass der Trommelinhalt nur an der Wandung entlang glitt, sondern sorgten für eine gründliche Umwälzung. Die Trommel machte 60 U/min. Sie lief 24 Stunden = 86 400 Umdrehungen.

II. DRUCKFESTIGKEIT.

Aus Gründen, welche im Abschnitt "Problemstellung" näher erläutert sind, galt es, die Versuchskörper dieser Versuchsreihe einem kontinuierlich wachsendem Druck auszusetzen. Es wurde als Hilfsmittel eine kleine Tischdrehbank gewählt. Abb. 1 soll die Anordnung veranschaulichen.

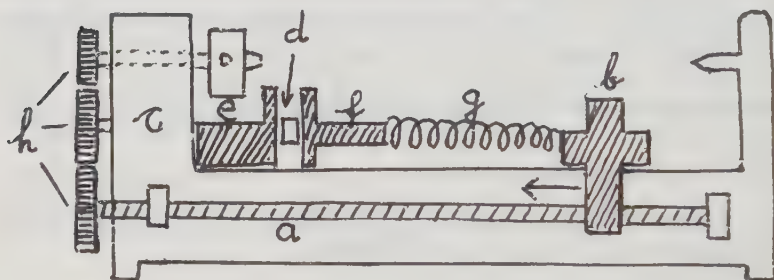


Abb. 1: Schematische Ansicht der Versuchsanordnung mit Hilfe einer Drehbank.

a = Leitspindel

b = bewegl. Werkzeuglager

c = festes Lager

d = Zementprobekörper

e = Eisenplatte

f = Eisenplatte

g = Druckfeder

h = auswechselbare Zahnräder

Der Versuch verlief folgendermassen: Der Zementprobekörper d wurde zwischen die beiden Eisenplatten e und f gebracht, wobei die Platte e am festen Lager c der Drehbank anlag. Die Platte f dagegen war über eine Druckfeder g mit dem auf der Leitspindel a beweglich gelagertem Werkzeughalter b verbunden. Die auswechselbaren Zahnräder h wurden so gewählt, dass die Leitspindel a das Werkzeuglager b rückläufig transportierte. Dabei wurde die Druckfeder g komprimiert und gab ihren kontinuierlich wachsenden Druck auf den zu prüfenden Zementkörper d weiter.

Die Druckfeder g war nicht geeicht. Es erwies sich als viel genauer, die Umdrehungszahlen der Leitspindel a bis zum Bruchmoment festzuhalten und die Umdrehungszahlen bei den jeweiligen Proben zu vergleichen. Die Zahnräder h waren so gewählt, dass 10 Umdrehungen die Feder g um 1 mm zusammendrückte.

III. AUSLAUGFÄHIGKEIT.

Bei diesem Versuch wurden die zu vergleichenden Zementwürfel in eine Schale mit konz. Salzsäure (ca. 36 %) gelegt. Die Temperatur betrug 20 Grad C. Um zu erreichen, dass die Würfel immer mit gleich hoch konz. Säure in Berührung kamen, wurde die Schale leicht bewegt. Die Zementwürfel, bzw. deren Reste wurden nach 5 Min. aus der Säure genommen und zum Zweck der Neutralisation mit Seifenlösung abgespült.

IV. HAFTFÄHIGKEIT.

Um die Haftfähigkeit der zu vergleichenden Zementproben festzustellen, machte ich Abreissversuche zwischen Zement und Dentin. Als Versuchskörper wurden extrahierte Molaren benutzt. Diese wurden quadratisch zugeschliffen und zwar so, dass weder Schmelz vorhanden war, noch ein Pulpenkavum eröffnet wurde. Geschliffen wurde mit "Heatless-Steinen", welche eine mitteltauflache Fläche ergaben. Auf diesen Dentinstumpf mit quadratischem Querschnitt wurden genau sitzende Hülsen aus dünner Pappe, gesteckt. Quer durch die Hülsen war ein Stahldraht gesteckt, der an beiden Seiten herausstand. Die Wurzelenden der Zähne wurden durchbohrt und ebenfalls mit einem Stahldraht zum Aufhängen des Zahnes versehen. Bis zum Stopfvorgang lagen die Zähne (ohne Papphülse) in physiol. Koch-

salzlösung. Getrocknet wurden sie mit Warmluft und Chloroform + 3 % Thymol. Nach dem Aufsetzen der "Pappkavität" wurde dann die jeweilige Zementprobe leicht eingestopft. Das Zement kam so nur mit der quadratischen Dentinfläche in Berührung. Eventuelle dünne Zementlamellen an der Seitenwandung des Dentinkörpers wurden vorsichtig weggeschliffen. Nach 3 Stunden Abbindezeit legte ich die Zement-Dentinkörper bis zum eigentlichen Versuchsbeginn nach 4 Tagen in die physiol. Kochsalzlösung zurück. Bis hierher ähnelt die Versuchsanordnung der, wie sie von JÄNICKE oder auch FISCHER und BERTRAM angegeben wird. Für den Abreissvorgang aber wurde wieder die eigene Versuchsanordnung benützt, die der unter "II. Druckfestigkeit" ähnelt. Es hatte sich auch hier bei Vorversuchen herausgestellt (siehe Problemstellung!) dass für genaue Ergebnisse der Abrisswerte ein kontinuierlich wachsender Zug erforderlich ist.

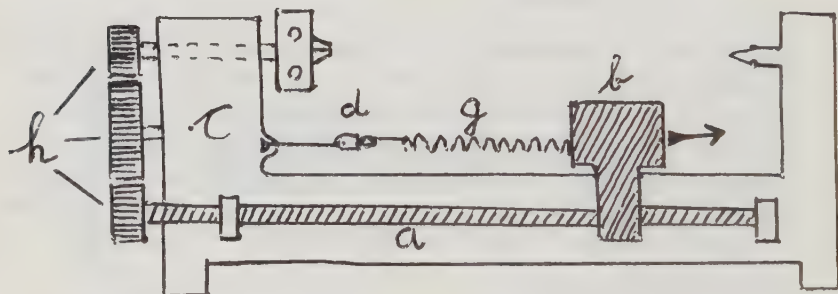


Abb. 2: Schemat. Ansicht der Versuchsanordnung zur Bestimmung der Haftfähigkeit mittels einer Drehbank.

- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| a = Leitspindel | d = Zement-Dentinprobekörper |
| b = bewegl. Werkzeuglager | g = Zugfeder |
| c = festes Lager | h = auswechselbare Zahnräder |

Der Versuch sah folgendermassen aus:

Der Zement-Dentinkörper d wurde mit der Zahnseite am festen Lager c befestigt. Die Zementseite des Probekörpers wurde mit der Zugfeder g verbunden, welche ihrerseits am beweglichen Lager b angehängt war. Drehte sich die Leitspindel a nun so, dass sich das bewegliche Werkzeuglager b vom festen Lager c entfernte, dann wurde die Feder g gespannt. Diese stetig zunehmende Zugkraft wirkte auf den Probekörper d, welcher bei einer mehr oder minder grossen Zugkraft schliesslich an der Zement-Dentingrenze getrennt wurde.

10 Umdrehungen der Leitspindel a bewirkten eine Ausdehnung der Zugfeder g um 1 mm. Auch hier wurden zur Bewertung der Zugkräfte die jeweiligen Umdrehungszahlen miteinander verglichen.

V. POROSITÄT.

Für diesen Versuch stand im physikal. Labor einer Porzellanfabrik eine Hochdruckprüfkammer mit einem Volumen von 500 ccm zur Verfügung. Nach dem Einlegen der auf Porosität zu prüfenden Zementwürfel, wurde die Kammer mit Eosinfarbe angefüllt und fest verschraubt. Ein regulierbarer Druck bis 250 atü konnte nun auf die Flüssigkeit ausgeübt werden und der Farbstoff wurde je nach Porosität verschieden tief in die Poren der Versuchskörper eingepresst.

Bei diesem Versuch wirkte ein Druck von 100 atü eine Minute lang auf die Versuchskörper ein.

Nach Ablassen des Druckes wurde die Kammer geöffnet, die Probekörper entnommen und in der Mitte mittels einer Separierscheibe geteilt. An den Rändern der Schnittfläche konnte dann die Eindringtiefe, welche an der Färbung des Zementes ersichtlich war, gemessen werden.

D. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Zu I. ABRIEBFESTIGKEIT.

Zur Feststellung der Abriebverluste wurden die Probekörper vor dem Versuch auf einer Analysenwaage auf ein tausendstel Gramm genau ausgewogen, ebenso nach dem Versuch. Da diese ermittelten Werte infolge der verschiedenen Gewichte der Vergleichskörper nur schwer einen Vergleich zuließen, wurden die jeweiligen Gewichtsverluste ins prozentuale Verhältnis zum Ausgangsgewicht gesetzt. Bruchteile von Prozenten sind dabei zu ganzen Zahlen aufgerundet.

In Tabelle Nr. 1 sind die Ergebnisse zusammengefasst.

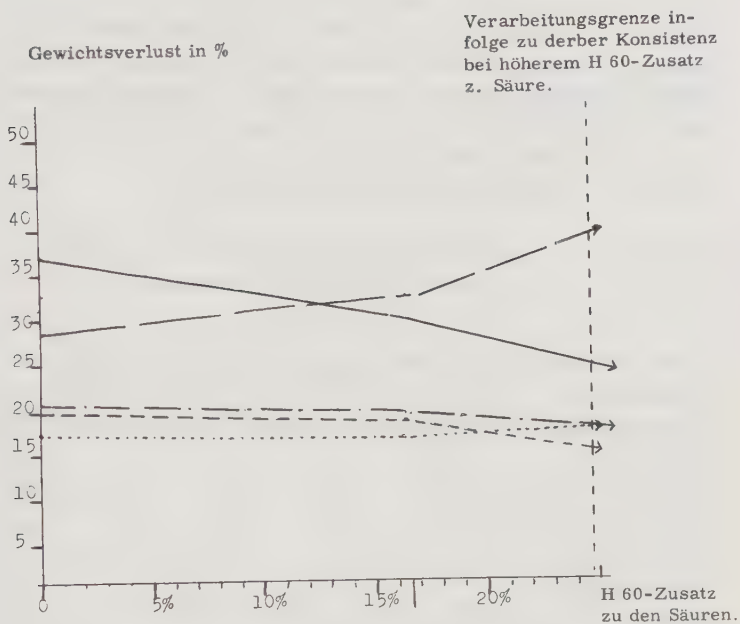
Abb. Nr. 3 soll diese Werte veranschaulichen. Auf der Abszisse sind die Gewichtsverluste in % aufgetragen. Aus der Ordinate ist der Dispersionszusatz zur Säure in % zu entnehmen.

Tabelle Nr. 1: Untersuchungsergebnisse über Abriebfestigkeit von Zahnzementen mit und ohne Kunststoffzusatz.

Material	Verlust %	Verlust % beim H 60 Zement	
	ohne H 60	1/6 H 60	1/4 H 60 Zus. z. Säure
Phosphatz.	37	32	25
Steinzement	20	19	17
Silikatzement	17	17	19
Modellzement	21	20	19
Kupferzement	28	33	41

Der Tabelle Nr. 1 ist zu entnehmen, dass einige Zemente den abreibenden Momenten gegenüber widerstandsfähiger geworden sind. So erfuhren Phosphat-, Stein- und Modellzement eine Verbesserung, (mit zunehmenden H 60-Anteil) Silikat- und Kupferzement hingegen schnitten schlechter ab.

Abb. 3 Abriebfestigkeit



Auf der Abszisse sind die Gewichtsverluste in % aufgetragen.
Aus der Ordinate ist der Dispersionszusatz zu den Säuren in % zu entnehmen.

Zeichenerklärung:

- Phosphatzement
- - - - - Steinzement
- Silikatzement
- · - · - Modellzement
- - - - - Kupferzement

Zu II. DRUCKFESTIGKEIT.

Zur Feststellung der unterschiedlichen Werte, bei denen die einzelnen Zementproben zu Bruch gingen, wurde die Umdrehungszahl der Leitspindel a (Abb. 1) benützt. Je mehr Umdrehungen die Spindel machte, bis es zum Bruch kam, ein um so grösserer Druck wirkte auf den Probekörper ein. In Tabelle Nr. 2 sind die Umdrehungszahlen für die verschiedenen Zemente zusammengestellt.

Abb. Nr. 4 veranschaulicht graphisch diese Werte.

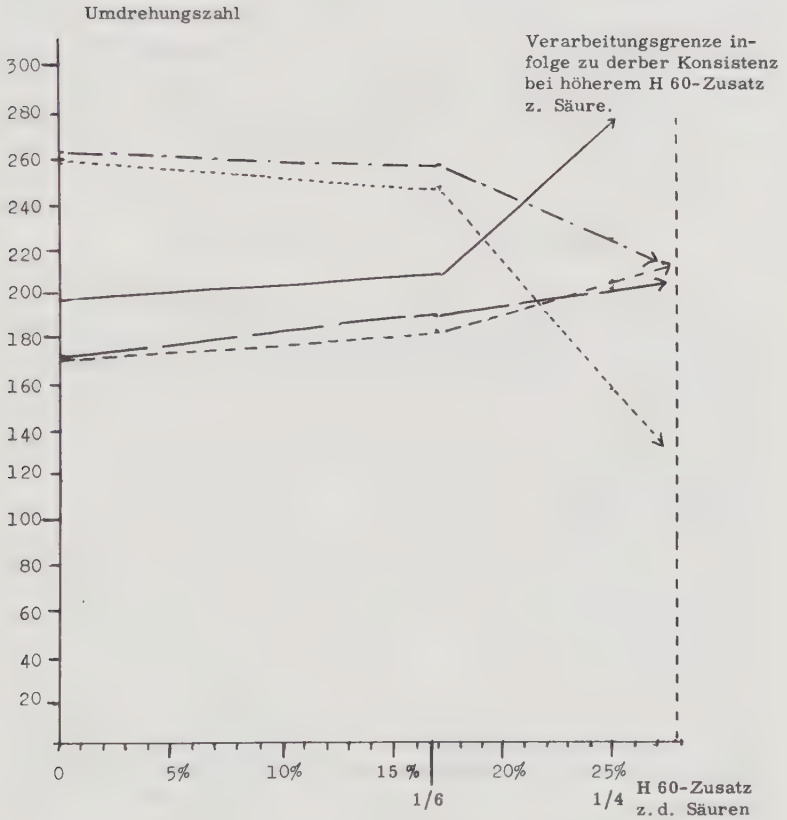
Tabelle Nr. 2: Untersuchungsergebnisse über Druckfestigkeit von Zahnzementen mit und ohne Kunststoffzusatz.

Material	Erfolgter Bruch bei Drehzahl:		
	ohne H 60	1/6 H 60	1/4 H 60 Zusatz
Phosphatz.	190	213	284
Steinzement	172	181	209
Silikatzement	260	249	160
Modellzement	261	259	230
Kupferzement	173	192	205

Der Tabelle Nr. 2 ist zu entnehmen, dass Zemente wie Phosphat-, Stein- und Kupferzement durch H 60-Zusatz wesentlich widerstandsfähiger gegen Druckkräfte wurden.

Die Eigenschaften des Silikat- und Modellzementes hingegen verschlechterten sich mit zunehmender H 60-Komponente.

Abb. 4 Druckfestigkeit



Auf der Abszisse sind die Umdrehungszahlen der Leitspindel a (Abb. 1) aufgetragen. Aus der Ordinate ist der Dispersionszusatz zu den Säuren in % zu entnehmen.

Zeichenerklärung:

— — — — — Phosphatzement
— — — — — Steinzement

..... Silikatzement
- . - . . Modellzement
————— Kupferzement

Zu III. AUSLAUGFÄHIGKEIT.

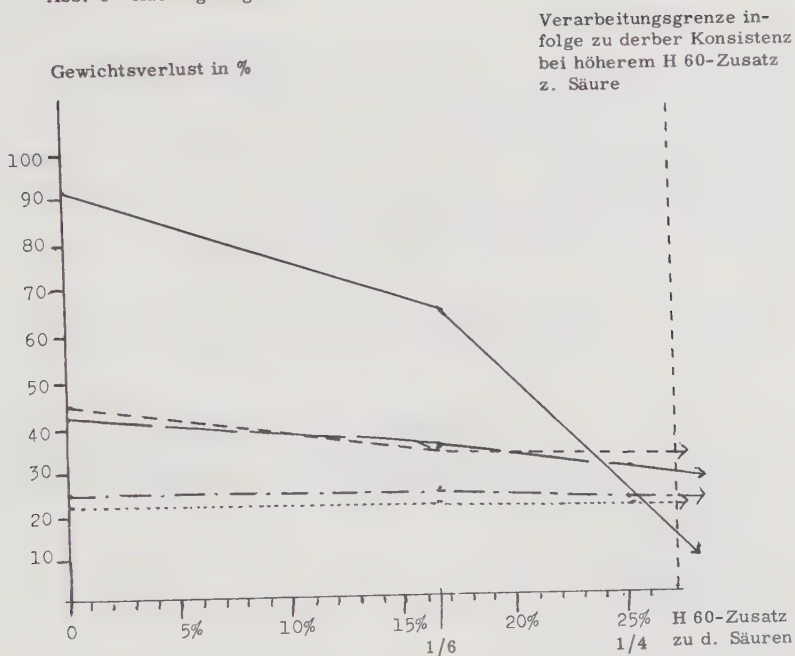
Zur Feststellung der Auslaugverluste wurden die Proben vor und nach dem Versuch mit einer Analysenwaage gewogen! Auch hier war es ebenfalls notwendig, wegen der verschiedenen Gewichte der gleich grossen Körper, den jeweiligen Gewichtsverlust prozentual zum Ausgangsgewicht ins Verhältnis zu setzen, um einen leicht ersichtlichen Vergleich in der Tabelle zu erhalten. In Tabelle Nr. 3 sind die jeweiligen Gewichtsverluste in Prozent angegeben. Abb. Nr. 5 veranschaulicht diese Werte graphisch.

Tabelle Nr. 3: Untersuchungsergebnisse über Auslaugfähigkeit von Zementen mit und ohne Kunststoffzusatz.

Material	Verlust % ohne H 60	Verlust beim H 60-Zement	
		1/6 H 60	1/4 H 60
Phosphatz.	92	66	27
Steinzement	45	36	35
Silikatzement	22	23	25
Modellzement	24	25	26
Kupferzement	42	37	32

Aus Tabelle Nr. 3 ist ersichtlich, dass Zemente wie Stein- und Kupferzement, besonders aber Phosphatzement, den zersetzenden Kräften der Salzsäure gegenüber mit zunehmendem H 60-Zusatz wesentlich widerstandsfähiger wurden. Auch hier trat wieder eine, wenn auch geringfügige Verschlechterung bei Silikat- und Modellzement auf.

Abb. 5 Auslaugfähigkeit



Auf der Abszisse sind die Gewichtsverluste in % aufgetragen.
Aus der Ordinate ist der Dispersionszusatz zu den Säuren in % zu entnehmen.

Zeichenerklärung:

- Phosphatzement
- - - Steinzement
- Silikatzement
- . - . - Modellzement
- - - - - Kupferzement

Zu IV. HAFTFÄHIGKEIT:

Als genaueste Vergleichsmöglichkeit der jeweiligen Zugbelastung auf den Dentin-Zementkörper im Moment des Abrisses erwies sich auch hier der Vergleich der Umdrehungszahlen der Leitspindel a (Abb. Nr. 2). Je mehr Umdrehungen die Spindel machte, bis es zum Abriss kam, um so mehr war die Zugfeder gespannt. In Tabelle Nr. 4 sind die Umdrehungszahlen ersichtlich, bei denen der jeweilige Probekörper zerriss.

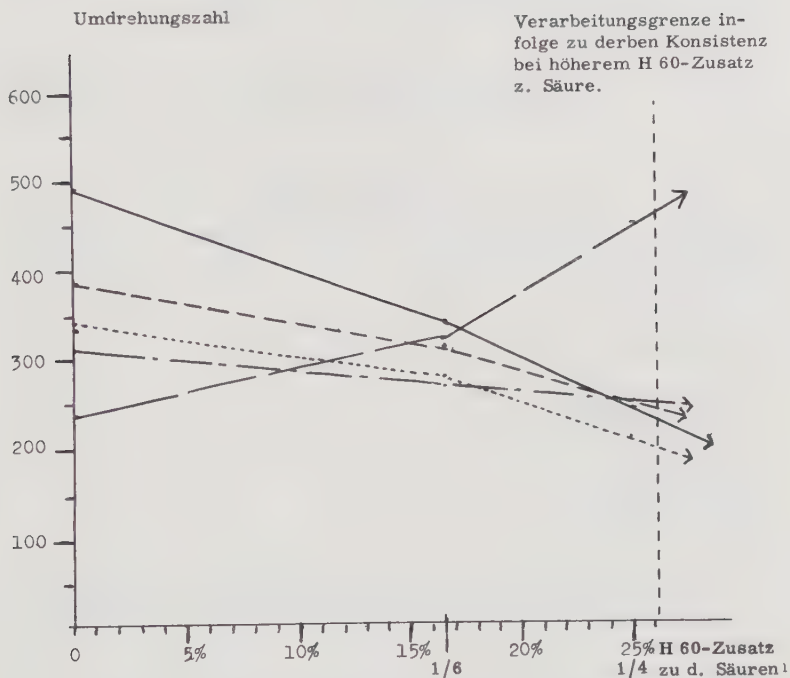
Abb. Nr. 6 soll diese Werte graphisch veranschaulichen.

Tabelle Nr. 4: Untersuchungsergebnisse über Haftfähigkeit von Zahnzementen, mit und ohne Kunststoffzusatz, an Dentin.

Material	Erfolgter Abriss bei Drehzahl:		
	Ohne H 60	1/6 H 60	1/4 H 60 Zusatz
Phosphatz.	490	350	240
Steinzement	385	325	250
Silikatzement	340	290	215
Modellzement	310	260	250
Kupferzement	235	360	455

Tabelle Nr. 4 zeigt, dass die Haftfähigkeit der Zemente durch H 60-Zusatz wesentlich verschlechtert wurde, mit Ausnahme des Kupferzementes, welcher eine bedeutende Erhöhung seiner Haftfähigkeit erfuhr.

Abb. 6 Haftfähigkeit



Auf der Abszisse sind die Umdrehungszahlen der Leitspindel a (Abb. 2) aufgetragen. Aus der Ordinate ist der Dispersionszusatz zu den Säuren in % zu entnehmen.

Zeichenerklärung:

- Phosphatzement
- - - - Steinzement
- Silikatzement
- . - . Modellzement
- Kupferzement

Zu V. POROSITÄT.

In Tabelle Nr. 5 geben die Zahlen an, wie tief der Eosinfarbstoff durch Druck in die H 60-Zemente eingetrieben wurde, gegenüber den zusatz-freien Zementen. Die Zahlen sind in mm angegeben.

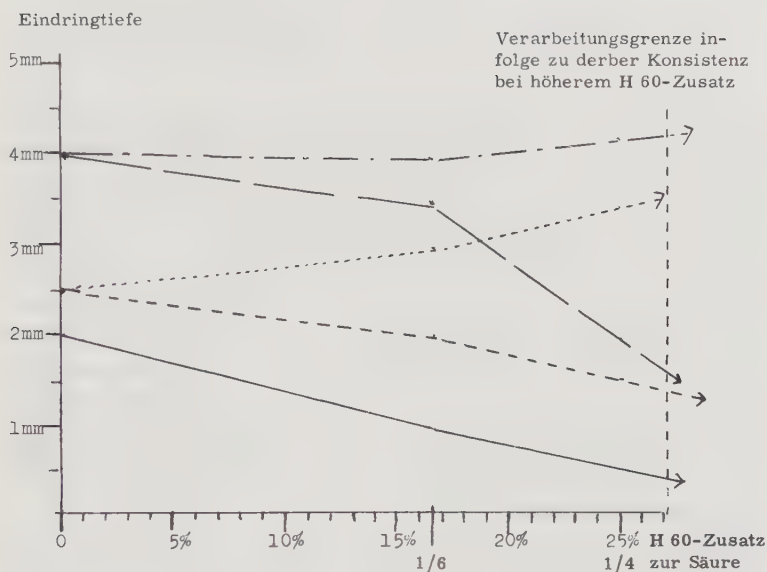
Abb. Nr. 7 soll diese Werte graphisch veranschaulichen.

Tabelle Nr. 5: Untersuchungsergebnisse über Porosität von Zahnzementen mit und ohne Kunststoffzusatz.

Material	Eosineindringtiefe in mm		
	ohne H 60	1/6 H 60	1/4 H 60 Zusatz
Phosphatz.	2,0	1,0	0,5
Steinzement	2,5	2,0	1,5
Silikatzement	2,5	3,0	3,5
Modellzement	4,0	4,0	4,5
Kupferzement	4,0	3,5	2,0

Aus Tabelle Nr. 5 ist ersichtlich, dass bei Phosphat-, Stein- und Kupferzement mit zunehmender H 60-Komponente der Eosinfarbstoff weniger tief ins Zementgefüge eingepresst wurde, als ohne H 60-Zusatz. Jedoch machen auch hier Silikat- und Modellzement eine Ausnahme. Hier konnte nach H 60-Zusatz der Farbstoff tiefer eingedrückt werden.

Abb. 7 Porosität



Auf der Abszisse ist die Eindringtiefe des Eosinfarbstoffes in die Zementproben in mm angegeben. Der Dispersionszusatz zu den jeweiligen Zementsäuren kann in % der Ordinate entnommen werden.

Zeichenerklärung:

- Phosphatzement
- Steinzement
- Silikatzement
- · - · - Modellzement
- Kupferzement

E. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Ein Vergleich mit Versuchsergebnissen anderer Autoren ist leider nicht möglich, da keine Literatur über das Problem "Zementverbesserungen durch Kunststoffzusatz" zu finden war. In Frankreich soll ein Zahnzement mit Kunststoffzusatz im Handel sein, aber weder Name noch Herstellerfirma konnten in Erfahrung gebracht werden.

Beim Betrachten der Tabellen ergibt sich, dass das Phosphatzement in allen Versuchen, ausgenommen dem der Haftfähigkeit, die besten Ergebnisse brachte. Das Silikatzement hingegen scheint für den H 60-Zusatz am wenigsten geeignet. Die anderen Zemente, wie Stein- und Modellzement lassen ihre Verwandtschaft zu diesen beiden Zementen deutlich erkennen. Die Ergebnisse liegen jeweils zwischen denen des Phosphat- und Silikatzementes.

Negativ verliefen alle Versuche der Versuchsreihe IV. (Haftfähigkeit) für alle Zemente mit H 60-Zusatz mit Ausnahme des Kupferzementes. Die Ursache dürfte dem Wasser zuzuschreiben sein, in welchem der Kunststoff suspendiert ist und welches beim Anrühren, wie eingangs beschrieben, teilweise als "Schwitzwasser" aus der noch plastischen Zementmasse ausgeschieden wird. Warum das Kupferzement eine Ausnahme machte, konnte nicht in Erfahrung gebracht werden. Vielleicht ist die Ursache in dem Umstand zu suchen, dass die Säure des Kupferzementes nicht so hoch konzentriert ist, wie die übrigen Säuren. Eine weitere Verdünnung durch Wasserspuren wirkt sich daher nicht so nachteilig aus.

Dieses Wasser dürfte auch die Ursache dafür sein, dass mit Zunahme der Silikatkomponente im Zement die Versuchsergebnisse unter denen des Phosphatzementes liegen, ja beim Silikatzement selbst negativ wurden. (Im Vergleich zum zusatzfreien Silikatzement). Wenn wir bedenken, dass gerade beim Silikatzement schon eine feuchte Mischplatte Ursache für eine stark schrumpfende Füllung sein kann, so verbietet sich der Zusatz einer wasserhaltigen Substanz von selbst!

Dass aber Verbesserungsmöglichkeiten durch Kunststoffzusatz zu Zementen bestehen, zeigen die Ergebnisse in der Kombination mit Phosphatzementen. Abriebfestigkeit, (welche zwar für Phosphatz. eine untergeordnete Rolle spielt) Druckfestigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Säure nahmen bedeutend zu. Es war wohl das eindrucksvollste Ergebnis aller Versuche, als der "normale" Phosphatzement restlos von der Säure zerfressen war, während der mit Kunststoff versetzte Vergleichskörper fast unberührt in der Säure lag. Auch Stein- und Kupferzement zeigten eine wesentlich verbesserte Auslaugresistenz. JÄNICKE schreibt: Es wäre sehr wünschenswert, dass man seitens der Industrie bestrebt wäre, lediglich diese mangelnde chemische Widerstandsfähigkeit zu beseitigen oder wenigstens weitgehend einzuschränken, jedoch ohne die Haftfähigkeit des erhärteten Zementes zu beseitigen!" Nun, die Haftfähigkeit ist bei diesem Kunststoffzusatz wesentlich gesunken und ich wage zu behaupten: Nicht wegen des Kunststoffes, sondern wegen des Wassers, in welchem der Kunststoff suspendiert ist.

Mikroskopische Schliffpräparate, die im Zusammenhang mit Versuch V. (Porosität) angefertigt wurden, zeigten, dass die Struktur der H 60-Zemente im Vergleich mit kunststofffreien Zementen, kaum verändert war. Die Hohlräume jedoch waren mit einer homogenen Kunststoffmasse ausgefüllt. Der Farbstoff hatte so keine Möglichkeit mehr, tief in den Zementkörper einzudringen. Die wesentlich vergrößerte Auslaugresistenz, die besseren Abriebergebnisse und die erhöhte Druckfestigkeit der H 60-Zemente sind so zu erklären.

Beim Silikatzement zeigte das Schliffbild, dass auch hier die Hohlräume mit Kunststoff angefüllt waren, die Zementstruktur erwies sich aber wesentlich lockerer als beim unversetzten Silikatzement. Der Eosinfarbstoff war zwischen den Kunststoffinseln tief in den Körper eingedrungen. Beim H 60-freien Zement waren nur die Poren mit Farbstoff angefüllt. Ins Zementgefüge war dagegen kaum Farbstoff eingedrungen. Es kann gesagt werden, dass also der innere Zusammenhalt im Zementgefüge gelockert wurde. Es erklärt sich so auch, warum mit zunehmender Silikatkomponente die Ergebnisse schlechter wurden.

Warum beim H 60-Kupferzement die Abriebwerte so tief unter denen des zusatzfreien Zementes lagen, die übrigen Versuchsergebnisse aber alle positiv ausfielen, konnte nicht ergründet werden. Überraschend ist auch

hier das beinahe doppelt so gute Ergebnis des versetzten Kupferzementes bei der Haftfähigkeit. Die Säure des Kz. ist im wesentlichen nicht so hoch konzentriert wie die übrigen Säuren, sie enthält also mehr Wasser. Ein weiterer Zusatz von Wasser wirkt sich daher auf die Konzentration nicht so sehr aus, wie bei hochkonz. Säuren. Die positiven Eigenschaften des Kunststoffes waren daher grösser, als die nur geringgradige Verschlechterung des Zementgefüges durch das Mehr an Wasser.

Die Versuchsreihen zeigen klar, dass es wohl möglich ist, Zemente durch Kunststoffzusatz zu verbessern. Verbesserungen der Abrieb- und Druckfestigkeit für Steinzemente zum Zweck der okklus. Füllung, sowie Verbesserung der Auslaugresistenz für Silikat- und Phosphatzemente können damit erreicht werden. Zwar verbietet der Wassergehalt der verwendeten Kunststoffdispersion ihre Anwendung für unsere Zahnzemente, aber sie brachte doch interessante Ergebnisse. (Hier muss noch gesagt werden, dass der verwendete Kunststoff keinesfalls für die Verwendung als Zusatzmittel zu Zahnzementen hergestellt, bzw. gedacht ist, sondern als Zusatz für Anstriche, Kalkverputz usw. Verwendung findet. Sein Wassergehalt wurde erst im Laufe der Versuche, als einige Ergebnisse darauf schliessen liessen, auf Anfrage von der Fa. bestätigt.

Sollte es gelingen, diese Kunststoffe statt in Wasser in den entsprechenden Zementsäuren zu suspendieren, so kann erwartet werden, dass zu den meist positiven Versuchsergebnissen auch noch ein erfolgreicher Versuchsverlauf der Haftfähigkeitsprüfung dazukommt. Einer erfolgreichen Erprobung in der Praxis dürfte dann kaum etwas entgegenstehen, da Versuche mit diesen Kunststoffmischungen an ca. 30 Patienten in Richtung der physiol. Verträglichkeit, klinisch weder Pulpen- noch sonst. Gewebsschädigungen zeigten. (In einem Zeitraum von 3 Monaten).

F. ZUSAMMENFASSUNG

Neben einem Überblick über die gebräuchlichsten, in der zahnärztlichen Praxis verwendeten Zemente, wie Phosphat-, Stein-, Silikat-, Kupfer- und Modellzement und deren häufigsten Fehlerquellen, wurde in fünf Versuchsreihen untersucht, wie diese sich zur Beimischung eines suspendierten, flüssigen Kunststoffes verhalten.

Das Ergebnis zeigt, dass die Beimischung eines Kunststoffes z. T. erhebliche Verbesserungen mancher Eigenschaften, wie z. B. Auslaugresistenz, Abrieb- und Druckfestigkeit, bewirkt.

Die besten Ergebnisse wurden mit Kunststoff-Phosphatzementmischungen erzielt. Silikatzement mit H 60-Zusatz brachte in den Versuchen durchweg schlechtere Ergebnisse als das kunststofffreie Zement. Bei Stein-, Modell- und Kupferzement gelang es, durch Kunststoffzusatz grösstenteils bessere Ergebnisse zu erzielen.

Absolut negativ verliefen die Haftfähigkeitsversuche, der mit Kunststoff versetzten Zemente, so dass dieser Kunststoff, trotz seiner auf anderen Gebieten verbessernden Eigenschaften, sich weniger für Zahnzemente eignen dürfte. Es wird angenommen, dass das Wasser, in welchem der Kunststoff suspendiert ist und welches beim Anrühren der Zement-Kunststoffmischung teilweise ausgeschieden wird, daran schuld ist.

Insbesondere kann gesagt werden, dass Kunststoffzusatz zu Zementen durch seine "Porenfüllende Eigenschaft" besonders die Auslaugresistenz gegenüber auflösenden Flüssigkeiten wesentlich erhöht.

Nicht versäumen möchte ich, meiner verehrten Lehrerin, Frau Professor Dr. Dr. SCHUG-KÖSTERS an dieser Stelle für Ihre grossen Bemühungen um uns Studenten bestens zu danken.

Nicht minderen Dank Herrn Oberarzt Dr. Dr. A. RING für die Anregung zu dieser interessanten Arbeit und für die verständnisvolle Beratung nicht nur zu diesen Versuchen, sondern auch während der Studienzeit.

G. LITERATURVERZEICHNIS

1. Drum, W.: Prüfungsvorschriften für Phosphatzement.
DZZ Heft 24
2. Falck, K.: Werkstoffkunde für Zahnärzte.
Karl Hanser Verl. München
3. Fischer, C.H. und Bertram, H.:
Haftvermögen der schnellhärtenden Kunst-
stoffe.
Deutsche Zeitschr. für Mund- und Kieferheil-
kunde 1952 Heft 5 und 6.
4. Hattemer, A. und Kübel, A.:
Zur Frage der Prüfungsvorschriften für zahn-
ärztl. Werkstoffe.
DZZ 1950 Heft 18
5. Hess, W.: Über den Randschluss und die Wanddichte
richtig verarbeiteter Füllungsmaterialien.
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in
Vortr. Heft 13
6. Idolski, M.: Ist die Haftintensität des Phosphatzementes
auf die Bildung eines chemischen Zwischen-
körpers zurückzuführen?
Med. Diss. Greifswald 1921
7. Jänicke, K.: Die Bedeutung der Verarbeitungsweise für
die Haftintensität der Phosphatzementes.
Med. Diss. München 1955
8. Knappwost, A.: Über die Zersetzung und Zersetzungshemmung
der Zemente im Bereich der Mundhöhle.
DZZ 1950 Heft 18

9. Kunert, W.: Untersuchungen über Phosphatzemente.
Med. Diss. Köln 1939
10. Rawitzer, W.: Allgemeine Methoden zur Materialprüfung
bei der Untersuchung von Zahnzementen.
DZW 1932 Heft 21
11. Rebel, H.: Kons. Zahnheilkunde.
Karl Hanser Verl. München.
12. Ruff, H.: Experimentelle Bestimmung der Haftintensi-
tät der Phosphatzemente.
Med. Diss. Berlin 1937
13. Schug-Kösters, M.: Lehrbuch der Kavitätenpräparation.
Verlag Wilh. Maudrich 1951 Wien.
14. Weikart, P.: Zur Prüfung von Zahnzementen auf ihre
Festigkeit.
DZZ 1951 Heft 1

H. LEBENSLAUF

Am 30. Januar 1928 wurde ich, Heinz Fritz Meschke, als Sohn des Dentisten Emil Meschke und seiner Ehefrau Erna, geb. Schübel, in Marktredwitz/Ofr. geboren.

Die ev. Volksschule besuchte ich von 1934 bis 1938 und von 1938 bis 1948 die Oberrealschule für Jungen, beide in Marktredwitz. Das Abitur bestand ich am 14. Juli 1948.

In der Zwischenzeit, vom 1. Januar 1944 bis Kriegsende war ich als Luftwaffenhelfer bei der Luftabwehr in Nürnberg eingesetzt.

Im Frühjahr 1952 begann ich das Studium der Zahnheilkunde an der Universität München, dort legte ich im Herbst 1953 die zahnärztliche Vorprüfung ab. Am 18. Dezember 1956 bestand ich ebenfalls an der Universität München das zahnärztliche Staatsexamen. Die Bestallung als Zahnarzt erhielt ich am 17. Januar 1957.

Seit 1. Februar 1958 bin ich in eigener Praxis selbständig und habe am 17.3.1959 zum Dr. med. dent. promoviert.

